

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «Робофест» по ФИЗИКЕ

ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП 2022-2023 года

Задания, ответы и критерии для 7, 8 и 9 классов.

Отборочный этап состоял из практического тура (участие в робототехнических соревнованиях или выполнение инженерного либо научного проекта) с максимальной оценкой 40 баллов и теоретического тура (выполнение заданий по физике с максимальной оценкой 50 баллов. Еще до 10 баллов начислялись за выполнение заданий по физике на пригласительном этапе олимпиады.

Таким образом, максимальная оценка участника на отборочном этапе равнялась 100 баллам.

На теоретическом туре отборочного этапа участники выполняли задания в онлайн-режиме, проводилась автоматическая проверка ответов.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ 9 КЛАССОВ:

Вариант 2

1. У полусферической лунки с вертикальной осью симметрии гладкие стенки. Маленькую шайбу с массой $m = 100$ г отпускают без начальной скорости от края этой лунки.

1.1. Найдите ускорение шайбы при прохождении самой нижней точки лунки. Ускорение свободного падения считайте равным $g \approx 10$ м/с². Ответ запишите в м/с², с точностью до целого значения, без указания единиц измерения.

1.2. С какой силой тело будет давить на поверхность полусферы при прохождении точки, радиус которой наклонен под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту? Ответ запишите в ньютонах, с точностью до десятых, без указания единиц измерения.

2. В цилиндрический бассейн через множество отверстий в стенках медленными струями подается теплая вода с температурой 32°C. Известно, что за секунду в бассейн поступает 7 л теплой воды. Для уменьшения температуры в тот же бассейн ученик 9 класса подает из шланга холодную воду с температурой 8°C, разбрызгивая ее над самой поверхностью воды. Он наливает в бассейн 1 л воды за секунду. Вода выливается из бассейна через одно открытое сливное отверстие площадью сечения 20 см², расположенное на дне бассейна. Изучите установившийся режим в этой системе, когда уровень воды в бассейне и ее средняя температура практически не изменяются.

2.1. Найдите среднюю температуру воды в бассейне в установившемся режиме. Теплообменом воды в бассейне с окружающей средой пренебречь. Ответ запишите в градусах Цельсия, с точностью до целого значения.

2.2. Найдите глубину слоя воды в бассейне в установившемся режиме. Ускорение свободного падения считайте равным $g \approx 10$ м/с². Ответ запишите в метрах, с точностью до десятых.

2.3. Пусть расходы воды для отверстий в стенах бассейна и шланга известны с ошибкой не более 0,05 л/с, а ее температуры с ошибкой не более 1°C. Оцените возможную ошибку Вашего ответа на вопрос 2.1. Считайте, что ошибка, связанная с пренебрежением влиянием теплообмена с окружающей средой заметно меньше ошибки, связанной с неточностью данных. В ответе поставьте:

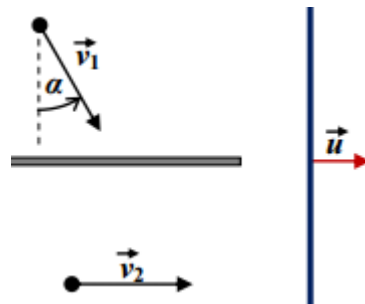
- 1, если Вы считаете, что эта ошибка более 0,1°C, но менее 0,4°C;
- 2, если Вы считаете, что эта ошибка более 0,4°C, но менее 2°C;
- 3, если Вы считаете, что эта ошибка более 2°C, но менее 4°C;
- 4, если Вы считаете, что эта ошибка более 4°C, но менее 8°C;
- 5, если Вы считаете, что эта ошибка более 8°C.

3. При подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора он показывает напряжение $U_1 = 20,0$ В, а при подключении к четырем таким же аккумуляторам, соединенным параллельно – напряжение $U_4 = 22,4$ В.

3.1. Два таких вольтметра соединили параллельно и подключили к трем таким аккумуляторам, соединенным последовательно. Каковы показания каждого из этих вольтметров? Ответ запишите в В, с точностью до десятых.

3.2. Какое напряжение покажет идеальный вольтметр, если подключить его к одному такому аккумулятору? Ответ запишите в В, с точностью до десятых.

4. Два робота движутся по соревновательному полю, разделенному на две части непрозрачной перегородкой. Одна из ограничивающих стен – зеркальная, и она перпендикулярна перегородке и в течении некоторого интервала времени движется от нее со скоростью $u = 1$ м/с. Первый робот, на котором размещена небольшая яркая лампа, движется со скоростью $v_1 = 2$ м/с, направленной под углом $\alpha = 30^\circ$ к плоскости зеркальной стены (см. рисунок). Второй, оснащенный видеокамерой, движется со скоростью $v_2 = 2$ м/с перпендикулярно этой плоскости. По данным видеозаписи определяется скорость изображения робота 1 относительно робота 2. Найдите величину этой скорости. Ответ запишите в м/с, с точностью до целого значения.



ОТВЕТЫ: 1.1. **20**. 1.2. **1,5**. 2.1. **29**. 2.2. **0,8**. 2.3. **2**. 3.1. **35,0**. 3.2. **23,3**. 4. **2**.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ (для автоматической проверки):

вопрос	ответ участника	балл
1.1	20	4
1.2	1,5	8
	1,4 или 1,6	4
2.1	29	4
	28 или 30	2
2.2	0,8	8
	0,7 или 0,9	4
2.3	2	2
3.1	35,0	8
	34,9 или 35,1	4
3.2	23,3	6
	23,2 или 23,4	3
4	2	10
	1,9 или 2,1	5
Максимальная оценка		50

Вариант 6

1. У полусферической лунки с вертикальной осью симметрии гладкие стенки. Маленькую шайбу с массой $m = 160$ г отпускают без начальной скорости от края этой лунки.

а. Найдите ускорение шайбы при прохождении самой нижней точки лунки. Ускорение свободного падения считайте равным $g \approx 10$ м/с². Ответ запишите в м/с², с точностью до целого значения, без указания единиц измерения.

б. С какой силой тело будет давить на поверхность полусферы при прохождении точки, радиус которой наклонен под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту? Ответ запишите в ньютонах, с точностью до десятых, без указания единиц измерения.

2. В цилиндрический бассейн через множество отверстий в стенках медленными струями подается теплая вода с температурой 36°C . Известно, что за секунду в бассейн поступает 7 л теплой воды.

Для уменьшения температуры в тот же бассейн ученик 9 класса подает из шланга холодную воду с температурой 9°C , разбрызгивая ее над самой поверхностью воды. Он наливает в бассейн 2 л воды за секунду. Вода выливается из бассейна через одно открытое сливное отверстие площадью сечения 30 см^2 , расположенное на дне бассейна. Изучите установившийся режим в этой системе, когда уровень воды в бассейне и ее средняя температура практически не изменяются.

а. Найдите среднюю температуру воды в бассейне в установившемся режиме. Теплообменом воды в бассейне с окружающей средой пренебречь. Ответ запишите в градусах Цельсия, с точностью до целого значения.

б. Найдите глубину слоя воды в бассейне в установившемся режиме. Ускорение свободного падения считайте равным $g \approx 10\text{ м/с}^2$. Ответ запишите в см, с точностью до целого значения.

с. Пусть расходы воды для отверстий в стенах бассейна и шланга известны с ошибкой не более $0,05\text{ л/с}$, а ее температуры с ошибкой не более 1°C . Оцените возможную ошибку Вашего ответа на вопрос 2.1. Считайте, что ошибка, связанная с пренебрежением влиянием теплообмена с окружающей средой заметно меньше ошибки, связанной с неточностью данных. В ответе поставьте:

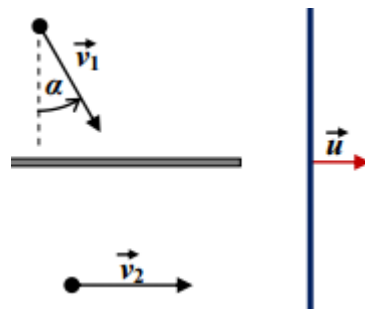
- 1, если Вы считаете, что эта ошибка более $0,1^{\circ}\text{C}$, но менее $0,4^{\circ}\text{C}$;
- 2, если Вы считаете, что эта ошибка более $0,4^{\circ}\text{C}$, но менее 2°C ;
- 3, если Вы считаете, что эта ошибка более 2°C , но менее 4°C ;
- 4, если Вы считаете, что эта ошибка более 4°C , но менее 8°C ;
- 5, если Вы считаете, что эта ошибка более 8°C .

3. При подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора он показывает напряжение $U_1 = 15,0\text{ В}$, а при подключении к четырем таким же аккумуляторам, соединенным параллельно – напряжение $U_4 = 16,8\text{ В}$.

а. Три таких вольтметра соединили параллельно и подключили к двум таким аккумуляторам, соединенным последовательно. Каковы показания каждого из этих вольтметров? Ответ запишите в В, с точностью до десятых.

б. Какое напряжение покажет идеальный вольтметр, если подключить его к одному такому аккумулятору? Ответ запишите в В, с точностью до десятых.

4. Два робота движутся по соревновательному полю, разделенному на две части непрозрачной перегородкой. Одна из ограничивающих стен – зеркальная, и она перпендикулярна перегородке и в течение некоторого интервала времени движется от нее со скоростью $u = 1,5\text{ м/с}$. Первый робот, на котором размещена небольшая яркая лампа, движется со скоростью $v_1 = 3\text{ м/с}$, направленной под углом $\alpha = 30^{\circ}$ к плоскости зеркальной стены (см. рисунок). Второй, оснащенный видеокамерой, движется со скоростью $v_2 = 3\text{ м/с}$ перпендикулярно этой плоскости. По данным видеозаписи определяется скорость изображения робота 1 относительно робота 2. Найдите величину этой скорости. Ответ запишите в м/с, с точностью до целого значения.



ОТВЕТЫ: 1.1. 20. 1.2. 2,4. 2.1. 30. 2.2. 45. 2.3. 2. 3.1. 16,8. 3.2. 16,8. 4. 3.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ (для автоматической проверки):

вопрос	ответ участника	балл
1.1	20	4
1.2	2,4	8
	2,3 или 2,5	4
2.1	30	4
	29 или 31	2

2.2	45	8
	44 или 46	4
2.3	2	2
3.1	17,5	8
	17,4 или 17,6	4
3.2	17,5	6
	17,4 или 17,6	3
4	3	10
	2,9 или 3,1	5
Максимальная оценка		50

Вариант 10

1. У полусферической лунки с вертикальной осью симметрии гладкие стенки. Маленькую шайбу с массой $m = 220$ г отпускают без начальной скорости от края этой лунки.

а. Найдите ускорение шайбы при прохождении самой нижней точки лунки. Ускорение свободного падения считайте равным $g \approx 10$ м/с². Ответ запишите в м/с², с точностью до целого значения, без указания единиц измерения.

б. С какой силой тело будет давить на поверхность полусферы при прохождении точки, радиус которой наклонен под углом $\alpha = 60^\circ$ к вертикали? Ответ запишите в ньютонах, с точностью до десятых, без указания единиц измерения.

2. В цилиндрический бассейн через множество отверстий в стенках медленными струями подается теплая вода с температурой 33°C . Известно, что за секунду в бассейн поступает 10 л теплой воды. Для уменьшения температуры в тот же бассейн ученик 9 класса подает из шланга холодную воду с температурой 9°C , разбрызгивая ее над самой поверхностью воды. Он наливает в бассейн 2 л воды за секунду. Вода выливается из бассейна через одно открытое сливное отверстие площадью сечения 30 см², расположенное на дне бассейна. Изучите установившийся режим в этой системе, когда уровень воды в бассейне и ее средняя температура практически не изменяются.

а. Найдите среднюю температуру воды в бассейне в установившемся режиме. Теплообменом воды в бассейне с окружающей средой пренебречь. Ответ запишите в градусах Цельсия, с точностью до целого значения.

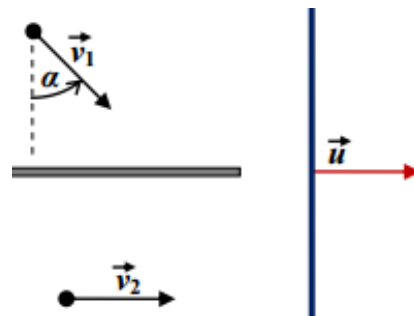
б. Найдите глубину слоя воды в бассейне в установившемся режиме. Ускорение свободного падения считайте равным $g \approx 10$ м/с². Ответ запишите в см, с точностью до целого значения.

с. Пусть расходы воды для отверстий в стенах бассейна и шланга известны с ошибкой не более $0,05$ л/с, а ее температуры с ошибкой не более 1°C . Оцените возможную ошибку Вашего ответа на вопрос 2.1. Считайте, что ошибка, связанная с пренебрежением влиянием теплообмена с окружающей средой заметно меньше ошибки, связанной с неточностью данных. В ответе поставьте:

- 1, если Вы считаете, что эта ошибка более $0,1^\circ\text{C}$, но менее $0,4^\circ\text{C}$;
- 2, если Вы считаете, что эта ошибка более $0,4^\circ\text{C}$, но менее 2°C ;
- 3, если Вы считаете, что эта ошибка более 2°C , но менее 4°C ;
- 4, если Вы считаете, что эта ошибка более 4°C , но менее 8°C ;
- 5, если Вы считаете, что эта ошибка более 8°C .

3. При подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора он показывает напряжение $U_1 = 12,6$ В, а при подключении к трем таким же аккумуляторам, соединенным параллельно – напряжение $U_3 = 13,5$ В.

- а. Три таких вольтметра соединили параллельно и подключили к трем таким аккумуляторам, соединенным последовательно. Каковы показания каждого из этих вольтметров? Ответ запишите в В, с точностью до целого значения.
- б. Какое напряжение покажет идеальный вольтметр, если подключить его к одному такому аккумулятору? Ответ запишите в В, с точностью до целого значения.
4. Два робота движутся по соревновательному полю, разделенному на две части непрозрачной перегородкой. Одна из ограничивающих стен – зеркальная, и она перпендикулярна перегородке и в течении некоторого интервала времени движется от нее со скоростью $u = 2$ м/с. Первый робот, на котором размещена небольшая яркая лампа, движется со скоростью $v_1 = 2$ м/с, направленной под углом $\alpha = 45^\circ$ к плоскости зеркальной стены (см. рисунок). Второй, оснащенный видеокамерой, движется со скоростью $v_2 = 2$ м/с перпендикулярно этой плоскости. По данным видеозаписи определяется скорость изображения робота 1 относительно робота 2. Найдите величину этой скорости. Ответ запишите в м/с, с точностью до десятых.



ОТВЕТЫ: 1.1. 20. 1.2. 3,3. 2.1. 29. 2.2. 80. 2.3. 2. 3.1. 21. 3.2. 14. 4. 1,5.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ (для автоматической проверки):

вопрос	ответ участника	балл
1.1	20	4
1.2	1,5	8
	1,4 или 1,6	4
2.1	29	4
	28 или 30	2
2.2	80	8
	79 или 81	4
2.3	2	2
3.1	21	8
	20 или 22	4
3.2	14	6
	13 или 15	3
4	1,5	10
	1,4 или 1,6	5
Максимальная оценка		50

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ 9 КЛАССА:

Задание 1: У полусферической лунки с вертикальной осью симметрии гладкие стенки. Маленькую шайбу с массой $m = 100$ г отпускают без начальной скорости от края этой лунки. Найдите ускорение шайбы при прохождении самой нижней точки лунки. Ускорение свободного падения считайте равным $g \approx 10$ м/с². С

какой силой тело будет давить на поверхность полусферы при прохождении точки, радиус которой наклонен под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту?

Решение: В процессе скатывания шайбы по стенке лунки ее потенциальная энергия в поле тяжести будет

переходить в кинетическую энергию: $mg(R-h) = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v^2(h) = 2g(R-h)$, где R – радиус лунки, и h

– высота шайбы над нижней точкой лунки. Следовательно, в нижней точке лунки $v^2(0) = 2gR$. В этой точке скорость шайбы достигает максимума, и поэтому касательное ускорение шайбы равно нулю, и у нее

есть только центростремительная компонента ускорения $|\vec{a}| = \frac{v^2(0)}{R} = 2g \approx 20 \text{ м/с}^2$. В точке, радиус

которой наклонен под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, $R-h = R\sin(\alpha)$, и

центростремительная компонента ускорения $a_n = \frac{v^2}{R} = 2g\sin(\alpha)$. С

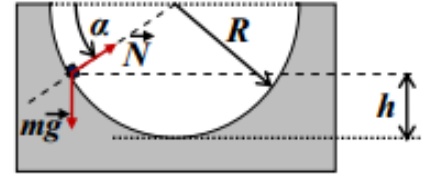
другой стороны, из уравнения движения следует, что

$ma_n = 2mg\sin(\alpha) = N - mg \cdot \sin(\alpha)$, где N – сила нормальной

реакции, действующая на шайбу со стороны поверхности лунки. Как видно, $N = 3mg \cdot \sin(\alpha)$, а по III

закону Ньютона она равна по величине искомой силы, с которой шайба давит на поверхность полусферы.

Итак, $F = 3mg \cdot \sin(\alpha) = 1,5 \text{ Н}$.



Ответ: $|\vec{a}| = 2g \approx 20 \text{ м/с}^2$, $F = 3mg \cdot \sin(\alpha) = 1,5 \text{ Н}$.

Задание 2: В цилиндрический бассейн через множество отверстий в стенках медленными струями подается теплая вода с температурой 32°C . Известно, что за секунду в бассейн поступает 7 л теплой воды. Для уменьшения температуры в тот же бассейн ученик 9 класса подает из шланга холодную воду с температурой 8°C , разбрызгивая ее над самой поверхностью воды. Он наливает в бассейн 1 л воды за секунду. Вода выливается из бассейна через одно открытое сливное отверстие площадью сечения 20 см^2 , расположенное на дне бассейна. Изучите установившийся режим в этой системе, когда уровень воды в бассейне и ее средняя температура практически не изменяются. Найдите среднюю температуру воды в бассейне в установившемся режиме. Теплообменом воды в бассейне с окружающей средой пренебречь. Найдите глубину слоя воды в бассейне в установившемся режиме. Ускорение свободного падения считайте равным $g \approx 10 \text{ м/с}^2$.

Решение: Ясно, что среднюю температуру можно найти точно так же, как и в предыдущей задаче:

$c \cdot q_1(t_1 - t) = c \cdot q_2(t - t_2) \Rightarrow t = \frac{q_1 t_1 + q_2 t_2}{q_1 + q_2} = 29^\circ\text{C}$. Для определения глубины слоя найдем (как и в

предыдущем случае) скорость вытекания воды из сливного отверстия:

$q_1 + q_2 = v \cdot S \Rightarrow v = \frac{q_1 + q_2}{S} = 4 \text{ м/с}$. Затем воспользуемся уравнением Бернулли (или законом сохранения

энергии) для трубки тока, идущей через сливное отверстие: скорость движения воды в раковине, которая значительно шире отверстия, значительно меньше, чем скорость выливания, и в то же время давление снаружи от выхода примерно равно атмосферному давлению p_0 , а перед выходом, на глубине h под поверхностью, $p = p_0 + \rho gh$:

$$p_0 + \rho gh \approx p_0 + \frac{\rho v^2}{2} \Rightarrow h = \frac{v^2}{2g} \approx 80 \text{ см.}$$

Ответ: $t = \frac{q_1 t_1 + q_2 t_2}{q_1 + q_2} = 29^\circ\text{C}$, $h = \frac{(q_1 + q_2)^2}{2gS^2} \approx 80 \text{ см.}$

Задание 3: При подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора он показывает напряжение $U_1 = 18,4 \text{ В}$, а при подключении к пяти таким же аккумуляторам, соединенным параллельно – напряжение $U_5 = 20,7 \text{ В}$. Какое напряжение покажет этот же вольтметр, если подключить его к трем таким же аккумуляторам, соединенным последовательно? Какое напряжение покажет идеальный вольтметр, если подключить его к одному такому аккумулятору?

Решение: Введем обозначения: пусть U – напряжение, создаваемое аккумулятором на своих клеммах при разомкнутой цепи (его ЭДС), r – внутреннее сопротивление аккумулятора, а R – сопротивление вольтметра. Тогда при подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора сила тока через него равна $I = \frac{U}{R+r}$, и напряжение на вольтметре $U_1 = \frac{R}{R+r}U = \frac{z}{z+1}U$, где $z \equiv \frac{R}{r}$. У пяти таких же

аккумуляторов, соединенных параллельно, ЭДС такое же, а внутреннее сопротивление равно $\frac{r}{5}$, так что

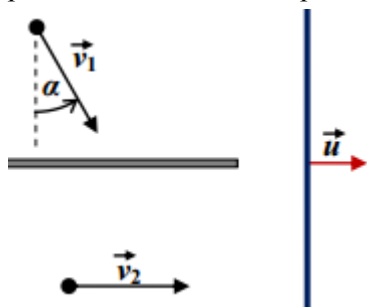
$$U_5 = \frac{5R}{5R+r}U = \frac{5z}{5z+1}U = \frac{5(z+1)}{5z+1}U_1 \Rightarrow \frac{U_5}{U_1} = \frac{9}{8} = \frac{5(z+1)}{5z+1}. \text{ Из этого уравнения находим, что } z = \frac{31}{5}.$$

При подключении вольтметра к трем таким же аккумуляторам, соединенным последовательно, напряжения на аккумуляторах и их внутренние сопротивления складываются, так что

$$U_3 = \frac{R}{R+3r}3U = \frac{3z}{z+3}U = \frac{3(z+1)}{z+3}U_1 = 43,2 \text{ В. Кроме того, } U = \frac{z+1}{z}U_1 = \frac{36}{31}U_1 \approx 21,4 \text{ В.}$$

Ответ: $U_3 = 43,2 \text{ В}$, $U \approx 21,4 \text{ В}$.

Задача: Два робота движутся по соревновательному полю, разделенному на две части непрозрачной перегородкой. Одна из ограничивающих стен – зеркальная, и она перпендикулярна перегородке и в течении некоторого интервала времени движется от нее со скоростью $u = 1 \text{ м/с}$. Первый робот, на котором размещена небольшая яркая лампа, движется со скоростью $v_1 = 2 \text{ м/с}$, направленной под углом $\alpha = 30^\circ$ к плоскости зеркальной стены (см. рисунок). Второй, оснащенный видеокамерой, движется со скоростью $v_2 = 2 \text{ м/с}$ перпендикулярно этой плоскости. По данным видеозаписи определяется скорость изображения робота 1 относительно робота 2. Найдите величину этой скорости.



Решение: В системе отсчета, в которой зеркало покоится, робот 1 движется со скоростью $\vec{v}'_1 = \vec{v}_1 - \vec{u} \equiv \vec{v}_{1\parallel} + \vec{v}_{1\perp} - \vec{u}$. Здесь мы разбили вектор скорости первого робота на параллельную и перпендикулярную плоскости зеркала составляющие. Можно заметить, что $\vec{v}_{1\perp} = \vec{u}$, поскольку они сонаправлены и равны по величине ($2 \text{ м/с} \cdot \sin(30^\circ) = 1 \text{ м/с}$). Значит, $\vec{v}'_1 = \vec{v}_{1\parallel}$. Закон отражения от неподвижного зеркала нам известен, и ясно, что для источника света, движущегося параллельно плоскости неподвижного зеркала, скорость изображения будет равна скорости источника. Тогда скорость изображения робота 1 в исходной системе отсчета $\vec{V}_1 = \vec{v}'_1 + \vec{u} = \vec{v}_{1\parallel} + \vec{u}$. Значит, искомая скорость изображения робота 1 относительно робота 2 $\vec{V}_{12} = \vec{V}_1 - \vec{v}_2 = \vec{v}_{1\parallel} + \vec{u} - \vec{v}_2$. Опять заметим, что $\vec{v}_2 = 2\vec{u}$, и тогда приходим к выводу, что $\vec{V}_{12} = \vec{v}_{1\parallel} - \vec{u} = \vec{v}_{1\parallel} - \vec{v}_{1\perp}$, то есть проекции искомой скорости на оси, параллельную и перпендикулярную зеркалу, по величине такие же, как у $\vec{v}_1$ (отличается только знак перпендикулярной проекции). В результате $V_{12} = v_1 = 2 \text{ м/с}$.

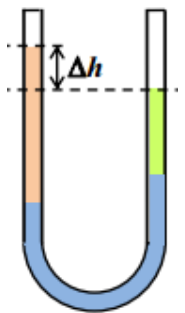
Ответ: $V_{12} = 2 \text{ м/с}$.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ 7 и 8 КЛАССОВ:

Вариант 1 (7 и 8 классы)

1. Соревновательная трасса для робота состоит из двух участков, на одном из которых («медленном») он движется с меньшей скоростью, на другом («быстром») – с большей. Известно, что длина «быстрого» участка в два раза больше, чем длина «медленного». Во время первого прохождения средняя скорость робота на трассе равнялась 2,5 м/с. При втором прохождении средняя скорость робота на «медленном» участке возросла в 1,1 раза, а на «быстром» – во столько же раз уменьшилась. Оказалось, что средняя скорость на всей трассе осталась той же. Чему равнялась средняя скорость робота на «быстром» участке при первом прохождении трассы? Ответ запишите в м/с, с точностью до десятых, без указания единиц измерения.

2. В U-образной трубке постоянного сечения, прямые отрезки которой расположены вертикально, было налито некоторое количество воды с плотностью $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$. В нее с двух сторон аккуратно доливают маслянистые жидкости (не смешивающиеся с водой): в первом колене жидкость с плотностью $\rho_1 = 0,6 \text{ г/см}^3$ образует в трубке столбик длиной $L_1 = 60 \text{ мм}$, во втором колене жидкость с плотностью $\rho_2 = 0,75 \text{ г/см}^3$ образует в трубке столбик длиной $L_2 = 40 \text{ мм}$ (см. рисунок). В состоянии равновесия обе границы раздела жидкостей находятся в вертикальных участках трубки.



a. В каком из колен (первом или втором) уровень поверхности жидкости выше? В ответе укажите номер этого колена.

b. Найдите разность высот уровней жидкости Δh . В ответе укажите модуль этой величины в мм с точностью до целого значения.

c. На сколько нужно увеличить длину столбика долитой жидкости в колене, поверхность жидкости в котором находится ниже, чтобы уровни сравнялись? Считайте, что после такого доливания по-прежнему обе границы раздела жидкостей находятся в вертикальных участках трубки. Ответ запишите в мм с точностью до целого значения.

3. Ученик 8 класса открыл над раковиной оба крана. Известно, что из крана с горячей водой выливалось 0,5 л воды за каждую секунду, а из крана с холодной водой – 1,5 л воды за каждую секунду. С помощью электронного термометра он определил, что температура горячей воды равнялась $50,0^\circ\text{C}$, а температура холодной воды $18,0^\circ\text{C}$. Через некоторое время он заметил, что уровень воды в раковине перестал изменяться.

a. С какой скоростью вытекает вода из раковины через сливное отверстие сечением 8 см^2 при неизменном уровне воды в раковине? Ответ запишите в м/с, с точностью до десятых.

b. Предскажите результат измерения температуры воды в раковине (тоже при неизменном уровне), считая, что измерение производится в области вблизи сливного отверстия, где потоки хорошо перемешаны, так что температура соответствует равновесному значению, и влияние теплообмена с окружающей средой мало. Ответ запишите в градусах Цельсия, с точностью до целого значения.

c. Пусть расходы воды для обоих кранов известен с ошибкой не более 0,05 л/с, а термометр измеряет температуры с ошибкой не более $0,2^\circ\text{C}$. Оцените возможную ошибку предсказания, данного в ответе на вопрос 3.2. Считайте, что ошибка, связанная с отличием температуры вблизи слива от равновесной заметно меньше ошибки, связанной с неточностью данных. В ответе поставьте:

- 1, если Вы считаете, что эта ошибка более $0,1^\circ\text{C}$, но менее $0,4^\circ\text{C}$;
- 2, если Вы считаете, что эта ошибка более $0,5^\circ\text{C}$, но менее 2°C ;
- 3, если Вы считаете, что эта ошибка более 2°C , но менее 4°C ;
- 4, если Вы считаете, что эта ошибка более 4°C , но менее 8°C ;
- 5, если Вы считаете, что эта ошибка более 8°C .

4. При подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора он показывает напряжение $U_1 = 11,7 \text{ В}$, а при подключении к четырем таким же аккумуляторам, соединенным параллельно – напряжение $U_4 = 13 \text{ В}$. Какое напряжение покажет этот же вольтметр, если подключить его к

трем таким же аккумуляторам, соединенным последовательно? Ответ запишите в В, с точностью до десятых.

ОТВЕТЫ: 1. 3,5. 2.1. 1. 2.2. 14. 2.3. 56. 3.1. 2,5. 3.2. 26. 3.3. 2. 4. 27,7.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ (для автоматической проверки):

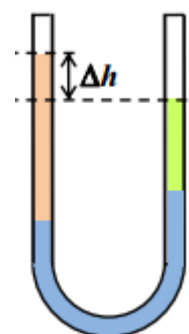
вопрос	ответ участника	балл
1	3,5	8
	3,4 или 3,6	4
2.1	1	3
2.2	14	6
	13 или 15	3
2.3	56	6
	54, 55, 57, 58	3
3.1	2,5	6
	2,4 или 2,6	3
3.2	26	8
	25 или 27	4
3.3	2	3
4	27,7	10
	27,6 или 27,8	5
Максимальная оценка		50

Вариант 5

1. Соревновательная трасса для робота состоит из двух участков, на одном из которых («медленном») он движется с меньшей скоростью, на другом («быстром») – с большей. Известно, что длина «быстрого» участка в три раза больше, чем длина «медленного». Во время первого прохождения средняя скорость робота на трассе равнялась 2,5 м/с. При втором прохождении средняя скорость робота на «медленном» участке возросла в 1,4 раза, а на «быстром» – во столько же раз уменьшилась. Оказалось, что средняя скорость на всей трассе осталась той же. Чему равнялась средняя скорость робота на «быстром» участке при первом прохождении трассы? Ответ запишите в м/с, с точностью до десятых, без указания единиц измерения.

2. В U-образной трубке постоянного сечения, прямые отрезки которой расположены вертикально, было налито некоторое количество воды с плотностью $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$. В нее с двух сторон аккуратно доливают маслянистые жидкости (не смешивающиеся с водой): в первом колене жидкость с плотностью $\rho_1 = 0,7 \text{ г/см}^3$ образует в трубке столбик длиной $L_1 = 50 \text{ мм}$, во втором колене жидкость с плотностью $\rho_2 = 0,8 \text{ г/см}^3$ образует в трубке столбик длиной $L_2 = 40 \text{ мм}$ (см. рисунок). В состоянии равновесия обе границы раздела жидкостей находятся в вертикальных участках трубки.

а. В каком из колен (первом или втором) уровень поверхности жидкости выше? В ответе укажите номер этого колена.



- б. Найдите разность высот уровней жидкости Δh . В ответе укажите модуль этой величины в мм с точностью до целого значения.
- с. На сколько нужно увеличить длину столбика долитой жидкости в колене, поверхность жидкости в котором находится ниже, чтобы уровни сравнялись? Считайте, что после такого доливания по-прежнему обе границы раздела жидкостей находятся в вертикальных участках трубки. Ответ запишите в мм с точностью до целого значения.
3. Ученик 8 класса открыл над раковиной оба крана. Известно, что из крана с горячей водой выливалось 0,6 л воды за каждую секунду, а из крана с холодной водой – 1,8 л воды за каждую секунду. С помощью электронного термометра он определил, что температура горячей воды равнялась 48,0°C, а температура холодной воды 16,0 °C. Через некоторое время он заметил, что уровень воды в раковине перестал изменяться.
- а. С какой скоростью вытекает вода из раковины через сливное отверстие сечением 10 см² при неизменном уровне воды в раковине? Ответ запишите в м/с, с точностью до десятых.
- б. Предскажите результат измерения температуры воды в раковине (тоже при неизменном уровне), считая, что измерение производится в области вблизи сливного отверстия, где потоки хорошо перемешаны, так что температура соответствует равновесному значению, и влияние теплообмена с окружающей средой мало. Ответ запишите в градусах Цельсия, с точностью до целого значения.
- с. Пусть расходы воды для обоих кранов известен с ошибкой не более 0,05 л/с, а термометр измеряет температуры с ошибкой не более 0,2°C. Оцените возможную ошибку предсказания, данного в ответе на вопрос 3.2. Считайте, что ошибка, связанная с отличием температуры вблизи слива от равновесной заметно меньше ошибки, связанной с неточностью данных. В ответе поставьте:
- 1, если Вы считаете, что эта ошибка более 0,1°C, но менее 0,4°C;
 - 2, если Вы считаете, что эта ошибка более 0,5°C, но менее 2°C;
 - 3, если Вы считаете, что эта ошибка более 2°C, но менее 4°C;
 - 4, если Вы считаете, что эта ошибка более 4°C, но менее 8°C;
 - 5, если Вы считаете, что эта ошибка более 8°C.
4. При подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора он показывает напряжение $U_1 = 18,4$ В, а при подключении к пяти таким же аккумуляторам, соединенным параллельно – напряжение $U_5 = 20,7$ В. Какое напряжение покажет этот же вольтметр, если подключить его к трем таким же аккумуляторам, соединенным последовательно? Ответ запишите в В, с точностью до десятых.

ОТВЕТЫ: 1. 4,5. 2.1. 1. 2.2. 7. 2.3. 35. 3.1. 2,4. 3.2. 26. 3.3. 2. 4. 27,7.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ (для автоматической проверки):

вопрос	ответ участника	балл
1	4,5	8
	4,4 или 4,6	4
2.1	1	3
2.2	7	6
	6 или 8	3
2.3	35	6
	33, 34, 36, 37	3
3.1	2,4	6
	2,3 или 2,5	3

3.2	24	8
	23 или 25	4
3.3	2	3
4	43,2	10
	43,1 или 43,3	5
Максимальная оценка		50

Вариант 9

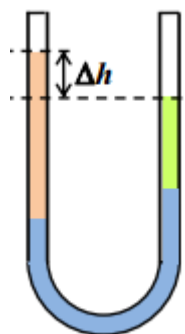
1. Соревновательная трасса для робота состоит из двух участков, на одном из которых («медленном») он движется с меньшей скоростью, на другом («быстром») – с большей. Известно, что длина «быстрого» участка в два раза больше, чем длина «медленного». Во время первого прохождения средняя скорость робота на трассе равнялась 2,8 м/с. При втором прохождении средняя скорость робота на «медленном» участке возросла в 1,4 раза, а на «быстром» – во столько же раз уменьшилась. Оказалось, что средняя скорость на всей трассе осталась той же. Чему равнялась средняя скорость робота на «медленном» участке при первом прохождении трассы? Ответ запишите в м/с, с точностью до десятых, без указания единиц измерения.

2. В U-образной трубке постоянного сечения, прямые отрезки которой расположены вертикально, было налито некоторое количество воды с плотностью $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$. В нее с двух сторон аккуратно доливают маслянистые жидкости (не смешивающиеся с водой): в первом колене жидкость с плотностью $\rho_1 = 0,8 \text{ г/см}^3$ образует в трубке столбик длиной $L_1 = 30 \text{ мм}$, во втором колене жидкость с плотностью $\rho_2 = 0,7 \text{ г/см}^3$ образует в трубке столбик длиной $L_2 = 50 \text{ мм}$ (см. рисунок). В состоянии равновесия обе границы раздела жидкостей находятся в вертикальных участках трубки.

a. В каком из колен (первом или втором) уровень поверхности жидкости выше? В ответе укажите номер этого колена.

b. Найдите разность высот уровней жидкости Δh . В ответе укажите модуль этой величины в мм с точностью до целого значения.

c. На сколько нужно увеличить длину столбика долитой жидкости в колене, поверхность жидкости в котором находится ниже, чтобы уровни сравнялись? Считайте, что после такого доливания по-прежнему обе границы раздела жидкостей находятся в вертикальных участках трубки. Ответ запишите в мм с точностью до целого значения.



3. Ученик 8 класса открыл над раковиной оба крана. Известно, что из крана с горячей водой выливалось 0,4 л воды за каждую секунду, а из крана с холодной водой – 1,2 л воды за каждую секунду. С помощью электронного термометра он определил, что температура горячей воды равнялась 46,0°C, а температура холодной воды 18,0 °C. Через некоторое время он заметил, что уровень воды в раковине перестал изменяться.

a. С какой скоростью вытекает вода из раковины через сливное отверстие сечением 10 см^2 при неизменном уровне воды в раковине? Ответ запишите в м/с, с точностью до десятых.

b. Предскажите результат измерения температуры воды в раковине (тоже при неизменном уровне), считая, что измерение производится в области вблизи сливного отверстия, где потоки хорошо перемешаны, так что температура соответствует равновесному значению, и влияние теплообмена с окружающей средой мало. Ответ запишите в градусах Цельсия, с точностью до целого значения.

c. Пусть расходы воды для обоих кранов известен с ошибкой не более 0,05 л/с, а термометр измеряет температуры с ошибкой не более 0,2°C. Оцените возможную ошибку предсказания, данного в ответе на вопрос 3.2. Считайте, что ошибка, связанная с отличием температуры вблизи слива от равновесной заметно меньше ошибки, связанной с неточностью данных. В ответе поставьте:

- 1, если Вы считаете, что эта ошибка более $0,1^{\circ}\text{C}$, но менее $0,4^{\circ}\text{C}$;
- 2, если Вы считаете, что эта ошибка более $0,5^{\circ}\text{C}$, но менее 2°C ;
- 3, если Вы считаете, что эта ошибка более 2°C , но менее 4°C ;
- 4, если Вы считаете, что эта ошибка более 4°C , но менее 8°C ;
- 5, если Вы считаете, что эта ошибка более 8°C .

4. При подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора он показывает напряжение $U_1 = 5,0\text{В}$, а при подключении к трем таким же аккумуляторам, соединенным параллельно – напряжение $U_3 = 5,4\text{В}$. Какое напряжение покажет этот же вольтметр, если подключить его к четырем таким же аккумуляторам, соединенным последовательно? Ответ запишите в В, с точностью до десятых.

ОТВЕТЫ: 1. 0,8. 2.1. 1. 2.2. 9. 2.3. 45. 3.1. 1,6. 3.2. 25. 3.3. 2. 4. 15,0.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ (для автоматической проверки):

вопрос	ответ участника	балл
1	1,6	8
	1,5 или 1,7	4
2.1	2	3
2.2	9	6
	8 или 10	3
2.3	45	6
	43, 44, 46, 47	3
3.1	1,6	6
	1,5 или 1,7	3
3.2	25	8
	24 или 26	4
3.3	2	3
4	15,0	10
	14,9 или 15,1	5
Максимальная оценка		50

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ 7 И 8 КЛАССОВ:

Задание 1: Соревновательная трасса для робота состоит из двух участков, на одном из которых («медленном») он движется с меньшей скоростью, на другом («быстром») – с большей. Известно, что длина «быстрого» участка в два раза больше, чем длина «медленного». Во время первого прохождения средняя скорость робота на трассе равнялась $2,5\text{ м/с}$. При втором прохождении средняя скорость робота на «медленном» участке возросла в $1,1$ раза, а на «быстром» – во столько же раз уменьшилась. Оказалось, что средняя скорость на всей трассе осталась той же. Чему равнялась средняя скорость робота на «быстром» участке при первом прохождении трассы?

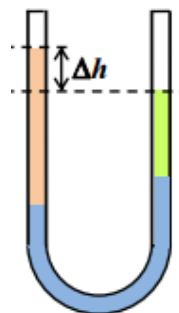
Решение: Пусть L – длина «медленного» участка трассы. Тогда $2L$ – длина «быстрого» участка. Пусть также v и V – скорости работы на этих участках. Тогда время первого прохождения трассы $t_1 = \frac{L}{v} + \frac{2L}{V}$, и поэтому заданная нам средняя скорость прохождения $v_{cp} = \frac{3L}{t_1} = \frac{3vV}{V+2v}$. При втором прохождении новые величины скоростей $v' = 1,1v$ и $V' = \frac{V}{1,1}$, и $t_2 = \frac{10L}{11v} + \frac{22L}{10V}$. Средняя скорость осталась прежней: $v_{cp} = \frac{3L}{t_2} = \frac{330vV}{100V+242v}$. Приравнявая выражения для средней скорости, обнаруживаем, что $v = \frac{5}{11}V$.

Тогда из любой формулы для v_{cp} получаем: $v_{cp} = \frac{5}{7}V \Rightarrow V = \frac{7}{5}v_{cp} = 3,5 \text{ м/с}$.

Ответ: $V = \frac{7}{5}v_{cp} = 3,5 \text{ м/с}$.

Задание 2: В U-образной трубке постоянного сечения, прямые отрезки которой расположены вертикально, было налито некоторое количество воды с плотностью $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$. В нее с двух сторон аккуратно доливают маслянистые жидкости (не смешивающиеся с водой): в первом колене жидкость с плотностью $\rho_1 = 0,6 \text{ г/см}^3$ образует в трубке столбик длиной $L_1 = 60 \text{ мм}$, во втором колене жидкость с плотностью $\rho_2 = 0,75 \text{ г/см}^3$ образует в трубке столбик длиной $L_2 = 40 \text{ мм}$ (см. рисунок). В состоянии равновесия обе границы раздела жидкостей находятся в вертикальных участках трубки.

В каком из колен (первом или втором) уровень поверхности жидкости выше? Найдите разность высот уровней жидкости Δh . На сколько нужно увеличить длину столбика долитой жидкости в колене, поверхность жидкости в котором находится ниже, чтобы уровни сравнялись? Считайте, что после такого доливания по-прежнему обе границы раздела жидкостей находятся в вертикальных участках трубки.



Решение: Пусть x_1 – высота столба воды в первом колене, а x_2 – во втором. Условие гидростатического равновесия (при котором в нижней части, где колена трубки соединяются, давления в них одинаковы): $(\rho_1 L_1 + \rho x_1)g = (\rho_2 L_2 + \rho x_2)g$. Из этого соотношения находим, что $x_1 - x_2 = \frac{\rho_2 L_2 - \rho_1 L_1}{\rho}$. Значит, разность высот уровней жидкостей

$$\Delta h = h_1 - h_2 = x_1 + L_1 - x_2 - L_2 = \frac{\rho_2 L_2 - \rho_1 L_1}{\rho} + L_1 - L_2 = L_1 \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho}\right) - L_2 \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho}\right).$$

При заданных значениях $\Delta h = +14 \text{ мм}$, то есть в первом колене уровень на 14 мм выше, чем во втором. Таким образом, доливать нужно жидкость во второе колено – до тех пор, пока не будет $\Delta h' = 0$. Как видно, это условие приводит нас к требованию

$$L_1 \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho}\right) = (L_2 + \Delta L_2) \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho}\right) \Rightarrow \Delta L_2 = \frac{\rho - \rho_1}{\rho - \rho_2} L_1 - L_2 = 56 \text{ мм}.$$

Ответ: уровень жидкости выше в 1 колене на $\Delta h = L_1 \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho}\right) - L_2 \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho}\right) = 14 \text{ мм}$, нужно увеличить

столб жидкости во 2 колене на $\Delta L_2 = \frac{\rho - \rho_1}{\rho - \rho_2} L_1 - L_2 = 56 \text{ мм}$.

Задание 3: Ученик 8 класса открыл над раковиной оба крана. Известно, что из крана с горячей водой выливалось 0,5 л воды за каждую секунду, а из крана с холодной водой – 1,5 л воды за каждую секунду. С помощью электронного термометра он определил, что температура горячей воды равнялась $50,0^\circ\text{C}$, а температура холодной воды $18,0^\circ\text{C}$. Через некоторое время он заметил, что уровень воды в раковине перестал изменяться. С какой скоростью вытекает вода из раковины через сливное отверстие сечением 8 см^2 при неизменном уровне воды в раковине? Предскажите результат измерения температуры воды в раковине (тоже при неизменном уровне), считая, что измерение производится в области вблизи сливного

отверстия, где потоки хорошо перемешаны, так что температура соответствует равновесному значению, и влияние теплообмена с окружающей средой мало.

Решение: Во-первых, отметим, что при неизменном уровне воды в раковине за каждую секунду из сливного отверстия выливается такой же объем воды, как из обоих кранов, то есть 2 л/с. С другой стороны, этот объем равен произведению скорости вытекания на площадь поперечного сечения, то есть

$$q \equiv 2 \text{ л/с} = v \cdot S \Rightarrow v = \frac{q}{S} = 2,5 \text{ м/с}.$$

Во-вторых, ясно, что равновесная температура может быть определена из уравнения теплового баланса: количество теплоты, отданное поступившей за секунду в раковину горячей водой в процессе перемешивания, равно количеству теплоты, полученному холодной водой, то есть

$$c \cdot q_1(t_1 - t) = c \cdot q_2(t - t_2) \Rightarrow t = \frac{q_1 t_1 + q_2 t_2}{q_1 + q_2} = 26^\circ\text{C}.$$

Ответ: $v = \frac{q}{S} = 2,5 \text{ м/с}$, $t = \frac{q_1 t_1 + q_2 t_2}{q_1 + q_2} = 26^\circ\text{C}$.

Задание 4: При подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора он показывает напряжение $U_1 = 5,0 \text{ В}$, а при подключении к трем таким же аккумуляторам, соединенным параллельно – напряжение $U_2 = 5,4 \text{ В}$. Какое напряжение покажет этот же вольтметр, если подключить его к четырем таким же аккумуляторам, соединенным последовательно?

Решение: Введем обозначения: пусть U – напряжение, создаваемое аккумулятором на своих клеммах при разомкнутой цепи (его ЭДС), r – внутреннее сопротивление аккумулятора, а R – сопротивление вольтметра. Тогда при подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора

сила тока через него равна $I = \frac{U}{R+r}$, и напряжение на вольтметре $U_1 = \frac{R}{R+r}U = \frac{z}{z+1}U$, где

$z \equiv \frac{R}{r}$. У трех таких же аккумуляторов, соединенных параллельно, ЭДС такое же, а внутреннее

сопротивление равно $\frac{r}{3}$, так что $U_3 = \frac{3R}{3R+r}U = \frac{3z}{3z+1}U = \frac{3(z+1)}{3z+1}U_1 \Rightarrow \frac{U_3}{U_1} = \frac{27}{25} = \frac{3(z+1)}{3z+1}$. Из

этого уравнения находим, что $z = 8$. При подключении вольтметра к четырем таким же аккумуляторам, соединенным последовательно, напряжения на аккумуляторах и их внутренние

сопротивления складываются, так что $U_4 = \frac{R}{R+4r}4U = \frac{4z}{z+4}U = \frac{4(z+1)}{z+4}U_1 = 15 \text{ В}$.

Ответ: $U_4 = 15,0 \text{ В}$.